



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

## KRAFLA

### Um endurvinnslu borhola

Ásgrímur Guðmundsson  
Benedikt Steingrímsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-89050/JHD-23 B

Nóvember 1989

Magnum O.



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Verknr. 612661

## **KRAFLA**

### **Um endurvinnslu borhola**

Ásgrímur Guðmundsson  
Benedikt Steingrímsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-89050/JHD-23 B

Nóvember 1989

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. FORSAGA	3
3. NÝTING ELDRI HOLA OG MANNVIRKJA	5
4. ENDURVINNSLUÆÐFERÐIR	12
5. MASSATAKA ÚR VINNSLUSVÆÐUNUM	13
6. LOKAORÐ	13
 HEIMILDIR	 14

## MYNDASKRÁ

1. Leirbotnar - frávik holu á 1000 m dýpi miðað við holutopp	15
2. Leirbotnar - frávik holubotns miðað við holutopp	16
3. Afstaða holu KJ-6 til Leirbotnasprungunnar	17
4. Afstaða holu KJ-7 til Hveragilssprungunnar	18
5. Stefna holu KJ-9	19
6. Halli holu KG-10	20
7. Afstaða holu KJ-11 til Leirbotnasprungunnar	21
8. Fjarlægð holu KG-12 frá lóðréttu	22
9. Afstaða hola KJ-13 og KJ-13b til Hveragils	23
10. Möguleg fjarlægð KJ-15 frá Hveragili	24
11. Fóðringar í holu KJ-3A	25

## TÖFLUSKRÁ

1. Borholur í Kröflu	6
2. Hallamælingar í holu KG-12	9
3. Hallamælingar í holu KJ-15	10

## 1. INNGANGUR

Á síðastliðnu ári setti Orkustofnun fram tillögur um hvernig haga mætti gufuöflun í Kröflu á næstu árum (Ásgrímur Guðmundsson 1988). Þar kom fram hvar vænlegast væri að staðsetja borholur, en einnig var lítilega farið inn á hvernig endurnýta mætti eldri borholur og mannvirki tengd þeim.

Við gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun hefur þurft að leggja út í kostnaðarsamar framkvæmdir. Þar má helst nefna: vegagerð, borplön, borholukjallara og höggborsholur auk borholanna sjálfra. Þess utan eru guflagnir og mannvirki tengd þeim. Hluti þessarar vinnu fór fyrir lítið vegna jarðhræringa og eldsumbrota á Leirhnjúks - Kröflusvæðinu. Engar skemmdir urðu á yfirborðsmannvirkjum, en margar borholur skemmdust. Þar var um að ræða skemmdir á fóðringum vegna sprunguhreyfinga og tærandi vökva, svo og óþeinar skemmdir vegna útfellinga. Ekki voru allar skemmdir á borholum tengdar jarðhræringunum heldur var hluti þeirra vegna lélegra steypinga á fóðringum.

Nú, um fjórtán árum eftir að umbrotin hófust og fimm árum eftir síðustu umbrotahrinu, hefur verulega hægst um á svæðinu. Því vaknar sú spurning hvort ekki megi endurnýta einhvern hluta þeirra mannvirkja, sem voru afskrifuð að nokkru eða öllu leyti. Þar má telja borplön og vegi, sem eru dýr mannvirki og í mörgum tilfellum hafa verið lagðar gufuleiðslur að borholum, sem eru vannýttar. Ennfremur eru þrjár höggborsholur með steypum kjallara og borplönunum til reiðu ef þær liggja nægjanlega vel við gufuöflun.

Þessu til viðbótar fellur til öll sú þekking og reynsla sem var aflað á umbrotatímunum. Í mörgum tilfellum hafa þessar holur verið gjöfular í stuttan tíma og dalað vegna áhrifa umbotanna. Ef gengið er út frá því að áhrif umbrotanna séu að mestu liðin hjá, má leggja fram haldgóð rök fyrir því að afla megi gufu með endurvinnslu hola eða borun nýrra hola við hlið þeirra eldri.

Hugmyndir um endurvinnslu Kröfluhola eru ekki nýjar af nálinni, enda eru allmargar borholur í Kröflu sem ekki nýtast virkjuninni. Hingað til hefur umræðan einkum snúist um þær borholur, sem liggja hvað best við endurvinnslu. Full þörf er að gera ítarlega úttekt á hvaða möguleikar eru almennt fyrir hendi varðandi endurvinnslu borhola, höggborshola og núverandi borplana í tengslum við vinnslu á næstu árum.

Hér á eftir verður fjallað um þessa möguleika. Lítið verður fyrst á hverja borholu fyrir sig og aðliggjandi mannvirki með endurvinnslu í huga. Í annan stað verður lítið á vinnslusvæðin og skoðað hvort skynsamlegt sé að auka vinnslu úr þeim.

## 2. FORSAGA

Við boranir í Kröflu fram til ársins 1978 var farið nokkuð geyst niður í jörðina. Holur voru staðsettar á yfirborði að undangengnum rannsóknnum og var ætlað að fara rակleidis niður frá holutoppi. Eftir borvertíðina miklu árið 1976 var búið að bora 11 holur í Kröflu. Þá um veturinn vöknudu grunsemdir um að ekki væri allt með felldu um stefnu þeirra. Í því sambandi var tekið til þess ráðs að hallamæla holur KJ-7 og KJ-9 sumarið 1977. Notaður var mælir frá Orkustofnun, sem var kvarðarður upp í 10° halla. Í báðum tilfellum var komið yfir hámark mælisviðsins á rúmlega 400 m dýpi. Járnfóðringar útilokuðu stefnumælingar, þar sem mælirinn skynjar stefnu með áttavita, og var ekki annar mælir tiltækur í landinu.

Að fengnum þessum upplýsingum var mikil óvissa um það hvernig holurnar liggja í landi og þá sérstaklega þær sem halla mikið. Myndir 1 og 2 eru af Leirbotnasvæðinu og sýna mesta mögulega frávik hola KJ-7, KJ-9, KG-10 og KJ-11 frá lóðréttu út frá hallamælingum, annars

vegar á 1000 m dýpi og hins vegar miðað við holubotn hverrar holu. Þar kemur nokkuð afgerandi í ljós sú óvissa um hvaða svæði hefur verið kannað ef aðeins halli holanna er þekktur en ekki stefnan. Vegna þessa mikla halla, sem fram kom í mælingunum 1977, kom fram sú skoðun að leggja þyrfti frekari áherslu á að fylgjast með hallabreytingum meðan á borun stendur og gera viðeigandi ráðstafanir með fyrirbyggjandi tækjabúnaði og bortækni til að koma í veg fyrir að hola skekkist. Frá og með holu KG-12 hefur verið fastur liður að fylgjast með halla borhola frá lóðréttu samhliða borun. Eftir sem áður var stefna hola óþekkt þrátt fyrir að hallinn væri mældur.

Í tengslum við borun fyrstu skáholunnar hér á landi með ská- og stefnuborunarútbúnaði, í Kröflu sumarið 1982, var notað tækifærið og mældur halli og stefna holu KJ-9. Fram að því var það viðtekin skoðun manna á meðal, að holunni hallaði til austurs inn undir Hveragilið. Niðurstöður halla- og stefnumælinganna voru hreinlega í gagnstæða átt. Stefnan var til suðvesturs og sker holan þar af leiðandi misgengi eða sprungu, sem sést á yfirborði við holu KG-3, vestan við holu KW-1 og sveigir síðan til austurs sunnan við holu KG-12 (mynd 1). Í kjölfar þessarar upplýsinga var ákveðið að halla- og stefnumæla fleiri holur sumarið eftir í tengslum við áformaðar skáboranir. Sumarið 1983 voru mældar holur KJ-7, KJ-11 og KJ-13. Ekki náðu mælingarnar í holum 7 og 11 lengra en niður á leiðara eða á um það bil 800 m dýpi. Þar neðan við var hallinn áætlaður útfrá fyrirbyggjandi gögnum. Ekki var hægt að sjá neina reglu út úr mælingunum hvað varðar líklega stefnu holanna. M.a. kom í ljós að vægur halli holu KJ-13 til vesturs olli því að hún skar ekki Hveragilssprunguna eins og markmiðið var.

Einn mikilvægasti áfangi við áframhaldandi boranir fyrir Kröfluvirkjun hefur að áliti allra, sem þar hafa komið við sögu, verið að endurvinna holu KG-10 eða bora aðra holu á sama borplani til að fá úr því skorið hvort kvikuáhrif í jarðhitavökvanum væru horfin. Eftir því sem árin liðu urðu menn því fráhrifir að endurvinna holu KG-10, en hölluðust frekar að því að reyna að bora nýja samsíða holu á sama borplani. Því var ákveðið að halla- og stefnumæla holuna áður en til borunar kæmi. Sumarið 1988 var holan mæld og var mælirinn kominn út fyrir sitt mælisvið (10°) á 800 m dýpi. Stefnan var mæld í stuttum ófóðruðum kafla í holunni rétt neðan vinnslufóðringar, á 820 og 830 m dýpi, og sýndi halla til norðurs. Ef þessar niðurstöður varðandi stefnu og halla eru taldar vera fullnægjandi þá virðist holubotn geta verið allt að 500-600 m norðan við holutopp.

Af ofansögðu má ráða að mikilvægt er að stjórna bæði halla og stefnu hola ef þeim er fyrirfram ætlað að skera einhver ákveðin fyrirbæri eins og sprungur eða misgengi. Því er full ástæða til þess að stefnumæla holur framvegis meðan verið er að bora þær, og þá áður en fóðringar eru settar niður.

### 3. NÝTING ELDRI HOLA OG MANNVIRKJA

Yfirlit yfir hönnun og ástand Kröfluhola er að finna í töflu 1.

HOLA KW-1. Boruð 1974 með Glaum (Wabco) í 1138 m dýpi. Holan var í upphafi háþrýst með lokunarþrýsting um 40 bar, en afköst voru rýr. Vinnslufóðringin er skemmd í um 45 m dýpi. Vinnslufóðringin er það grönn, að nánst útilokað er að gera við holuna og hvað þá að dýpka hana. Það væri heldur engan veginn skynsamlegt af öryggisástæðum, þar sem vinnslufóðringin er það stutt. Borplan þarf að stækka verulega til að hægt sé að koma Gufubor eða Jötni þar fyrir.

Holan verður að teljast ónýt. Af öryggisástæðum er æskilegt að setja sand í holuna og steypa hana síðan upp í topp. Viðeigandi væri síðan að merkja við holutoppinn nafn holunnar og bordýpi.

HOLA KW-2. Boruð 1974 með Glaum í 1204 m dýpi. Holan var í upphafi afkastamikil efrakerfishola, en stíflaðist fljótlega af kalsítútfellingu. Þann 5. júní 1987 var holan hitamæld og kom þá í ljós fóðringarskemmd á 60 m, sennilega tæringarskemmd. Ennfremur er fóðringin götött rétt neðan við aðalflans vegna tæringar. Holan telst vera ónýt og óvíst hvort ástæða sé til að reyna að nýta borplanið sem þar er vegna smæðar þess.

Ráðlegt er að ganga frá holunni á sama hátt og holu KW-1.

HOLA KG-3. Boruð með Gufubor sumarið 1975 í 1740 m dýpi. Vinnslufóðring er í sundur á 75 m dýpi og var reynt að gera við holuna haustið 1976 en án árangurs. Sandur var settur í holuna frá 600 m upp í 100 m dýpi. Ráðlegt er að fylla holuna upp í topp af sandi og steypu. Borplanið var nýtt þegar hola KJ-3A var boruð haustið 1983.

Lagt er til að merkja holutoppinn á sambærilegan hátt og á holu KW-1 og KW-2.

HOLA KG-4. Boruð með Gufubor sumarið 1975 í 2002 m dýpi. Ekki tókst að hemja holuna eftir að borun lauk og stendur nú eftir hana mikill gígur sem minnisvarði um orkuna úr iðrum jarðar. Staðurinn hefur verið kallaður manna á meðal Sjálfskaparvíti.

Gjarnan mætti koma upp skilti við gíginn, þar sem gerð er grein fyrir tilurð hans og þá um leið helstu upplýsingar um holuna.

HOLA KG-5. Boruð með Gufubor haustið 1975 í 1299 m dýpi. Ekki var lokið við hana á því herrans ári vegna skorts á öryggisbúnaði. Ári síðar, þegar ljúka átti við holuna, kom í ljós að sveigur var kominn á vinnslufóðringuna á 41 m dýpi og borstrengur komst ekki þar niður. Sumarið 1985 voru teknar myndir af fóðringarskemmdinni og sást þar greinilega einhvers konar gúlpur á fóðringunni inn í holuna.

Árið 1983 var ákveðið að nýta holuna inn á lágþrýstiprep virkjuanrinnar og var reynt að auka afköst hennar með því að skjóta göt á vinnslufóðringuna á 515 og 578 m dýpi eða á mótis við þekktar æðar á bak við vinnslufóðringu. Ekki jukust afköstin við aðgerðina, en holan hefur verið í notkun af og til síðan. Sumarið 1988 var holan körfumæld með 4" körfu, sem fór niður á 1152 m dýpi. Eftir þá aðgerð var ljóst að afleysi holunnar stafar ekki af útfellingum heldur tregu aðstreymi. Því er talið ástæðulaust að eiga frekar við hana, en hugsanlega má nýta borplanið síðar fyrir borun nýrrar holu.

HOLA KJ-6. Boruð með Jötni sumarið 1976 í 2000 m dýpi. Hún var alla tíð afltítil og var síðast í notkun veturinn 1984/85. Holan hefur verið notuð sem eftirlitshola fyrir hita og þrýsting á Leirbotnasvæðinu.

TAFLA 1. Borholur í Kröflu

STEYPTAR FÓÐRINGAR									
Hola nr.	Borun ár	Dýpi (m)	Þverm. (")	Dýpi (m)	Þverm. (")	Dýpi (m)	Þverm. (")	Dýptarbil (m)	
KW-1	1974	1138	14	79	8 3/4	296	6 5/8	285-1135	Ónýt
KW-2	1974	1204	14	80	8 3/4	298	6 5/8	284-1183	Ónýt
KG-3	1975	1740	13 3/8	114	9 5/8	604	7 5/8	584-1671	Ónýt
KJ-3A	1983	985	13 3/8	336	Engin	Enginn			Ónothæf
KJ-3A	1984						9 5/8	302- 663	
KG-4	1975	2002	13 3/8	114	9 5/8	594		Enginn	Ónýt
KG-5	1975	1299	13 3/8	114	9 5/8	643		Enginn	Vinnsluhola
KJ-6	1976	2000	13 3/8	142	9 5/8	576	7 5/8	491-1933	Mælingahola
KJ-7	1976	2165	13 3/8	276	9 5/8	808	7 5/8	715-2101	Ónýt ?
KJ-7	1977				7 7/8	187			
KJ-8	1976	1658	13 3/8	142	9 5/8	537	7 5/8	517-1646	Ónýt
KJ-9	1976	1101	13 3/8	275	Engin		7 5/8	251-1100	
KJ-9	1977	1263	- "-	- "-	9 5/8	1074	7 5/8	1062-1259	
KJ-9	1982	1280	- "-	- "-	- "-	- "-	7 5/8	1063-1274	Vinnsluhola
KG-10	1976	2082	13 3/8	275	9 5/8	805	7 5/8	775-2060	Mælingahola
KJ-11	1976	2217	13 3/8	275	9 5/8	788	7 5/8	754-2194	
KJ-11	1978	- "-	- "-	- "-	7 5/8	766-1250	7 5/8	1290-2194	Vinnsluhola
KG-12	1978	2222	13 3/8	283	9 5/8	985	7 5/8	959-2220	Vinnsluhola
KJ-13	1980	2050	13 3/8	284	9 5/8	1064.5	7 5/8	1028-2037	
KJ-13	1983	1780	- "-	- "-	- "-	- "-	7 5/8	870-1706	Vinnsluhola
KJ-14	1980	2107	13 3/8	210	9 5/8	705	7	1527-2099	Vinnsluhola
KJ-15	1980	2097	13 3/8	295	9 5/8	1093	7	1054-2097	Vinnsluhola
KJ-16	1981	1981	13 3/8	206	9 5/8	669	7 5/8	624-1836	
KJ-16	- "-	- "-	- "-	- "-	- "-	- "-	7	1836-1951	Mælingahola
KJ-17	1981	2190	13 3/8	206	9 5/8	692	7 5/8	642-1964	Vinnsluhola
KJ-18	1981	2215	13 3/8	200	9 5/8	669	Enginn		Mælingahola
KJ-19	1982	2150	13 3/8	200	9 5/8	649	7	495-2009	Vinnsluhola
KJ-20	1982	1823	13 3/8	211	9 5/8	646	7	604-1770	Vinnsluhola
KJ-21	1982	1200	13 3/8	286	Engin		7	240-1170	
KJ-21	1984	- "-	- "-	- "-	9 5/8	273	9 5/8	273-1043	Vinnsluhola
KJ-22	1983	1877	13 3/8	155	9 5/8	565	7	522-1850	Ekki í notkun
KJ-23	1983	1968	13 3/8	190.5	9 5/8	536	Enginn		Mælingahola
KG-24	1400	1988	13 3/8	55	9 5/8	404.5	7	392-1195	Vinnsluhola

(Benedikt Steingrímsson o.fl. 1984)

Meðan á borun holunnar stóð kom í ljós all mikill munur á jarðlögum og eldri holum norðan við. Í framhaldi af því var sýnt fram á mikið VNV-ASA misgengi norðan við holu KJ-6. Lítil sem engin jarðhitavirkni er á stórum kafla sunnan brotsins.

Ekki er vitað hvort holunni hallar, en það verður að teljast sennilegt ef tekið er mið af öðrum holum á svæðinu, sem voru boraðar á sömu vertíð. Sömu aðferðir voru notaðar við borun holanna. Þar af leiðandi getur holubotninn verið út og suður. Mynd 3 sýnir afstöðu lóðréttrar holu KJ-6 til Leirbotnasprungunar. Vel má teygja sig með skáborun í umrædda sprungu og skera hana á 1600-1800 m dýpi (mynd 3). Ennfremur eru stórar líkur á því að skera áðurnefnt VNV-ASA misgengi, en ekki er vitað hvort vatnsæðar tengjast því. Með þessu væri hægt að nýta öll mannvirki við holuna þar með talið gufulögnina. Það liggur samt í augum uppi að höggborsholan austan við skiljustöðina liggur betur við til að ná þessu markmiði.

Það sem mælir á móti endurvinnslu holu KJ-6 er hönnun holunnar. Vinnslufóðringin nær aðeins niður á 576 m dýpi, sem þýðir að efrakerfið getur átt greiðan aðgang inn í holuna. Ennfremur þarf að byrja á því að skera ofan af raufaða leiðaranum og sveigja holuna neðan við vinnslufóðringu og eru það að vissu leyti áhættuáðgerðir.

Enn einn möguleiki er að stefnubora nýja holu á borplani KJ-6 og beina henni til norðausturs. Hvað sem því og öðru líður þá er forsenda allra borhugleiðinga við eða í holu KJ-6 að halla-mæla hana fyrst.

HOLA KJ-7. Boruð með Jötni síðla sumars 1976 í 2156 m dýpi. Hún var sæmilega aflmikil fyrsta blástursárið, en síðan dró verulega úr afköstum. Fóðringarskemmd kom fram á 95 m dýpi strax á fyrsta ári. Gert var við hana sumarið 1977 með því að setja niður og steypa 7 5/8" fóðringu frá 187 m og upp í topp. Holan var óafvitandi boruð á ská á sínum tíma og er holubotninn talinn vera um 600 m ASA frá holutoppnum. Þannig skar holan Hveragilssprunguna og var það líklega ástæðan fyrir aflfi hennar í upphafi og jafnframt ástæðan fyrir því að járn-brennisteinsútfellingar ollu afldvínun eftir stuttan blásturstíma.

Holan var halla- og stefnumæld í júlí 1983 niður á leiðara í 710 m dýpi. Á mynd 4 er teiknaður upp mældur halli og síðan áætlaður halli þar fyrir neðan. Holan hefur stöðugt dvínað í aflfi á undanförunum árum og við upphleypingar eftir sumarhvíld hefur hún hent af sér grjóti. Það er staðfesting á því að fóðringar hafi skemmst.

Vegna þrengingarinnar efst í holunni er útilokað að endurvinna hana, en aftur á móti má nota borplanið til borunar ef ástæða þykir til.

HOLA KG-8. Boruð með Gufubor haustið 1976 í 1646 m dýpi. Holan tók vökva úr efri hluta Leirbotnasvæðisins og var aldrei tengd við gufuveituna vegna fjarlægðar. Fóðringarskemmd var í holunni á 185,5 m dýpi. Reynt var að gera við hana sumarið 1987, en það mistókst (Ásgrímur Guðmundsson 1987). Það kemur væntanlega til með að ráðast á næstu árum hvort borplanið verður notað fyrir nýja holu.

HOLA KJ-9. Byrjað var að bora holuna með Jötni í október 1976, en vegna ýmissa atvika var hún boruð í þremur áföngum og ekki lokið við hana fyrr en sumarið 1977 og var dýpið þá 1264 m. Um sumarið 1982 voru halla- og stefnumælingatæki til reiðu í Kröflu vegna skáborunar. Tækifærið var notað og hola KJ-9 halla- og stefnumæld. Hún reyndist verulega skökk og stefnan í þveröfuga átt við það sem búist var við (mynd 5). Holan var endurunnin og dýpkuð haustið 1982 og var dýpið þá 1280 m. Vegna kalsítútfellinga þarf að hreinsa holuna árlega. Holan er enn í vinnslu og ekki gert ráð fyrir neinum aðgerðum á henni í náinni framtíð. Þrátt fyrir það getur vel komið til greina að staðsetja holu á borplani KJ-9 enda er hún vel í sveit sett til borunar inn í Hveragilið eða í sprunguna, sem fæðir KJ-9.



HOLA KG-10. Boruð með Gufubor haustið 1976 í 2002 m dýpi. Hún var aflmikil, en stíflaðist á fyrsta blástursmánuði. Ári síðar var holan hreinsuð og reyndist mjög aflmikil fyrsta blástursmánuðinn, en fljótlega sigldi í fyrra horf og stíflaðist holan alveg af útfellingum. Annað sem olli áhyggjum var að um 80 m af leiðaranum voru horfnir. Sennilegasta skýringin þykir, að tærandi kvikumengaður vökvi hafi hreinlega étið hluta fóðringarinnar á móts við aðalæð holunnar og leiðarinn hafi síðan sigið um 80 m vegna eigin þunga. Seinna var mælitækjum rennt niður til að finna botn holunnar og stoppuðu þau í 870 m dýpi.

Lengi voru hugmyndir um að endurvinnna holuna, þ.e. nýta það efni sem komið var í hana. Eftir því sem frá leið urðu menn því afhuga enda minnisstætt að um holuna hafði runnið mjög tærandi vökvi og því óvíst um ástand fóðringa. Kvikúáhrif hafa farið þverrandi og er talið sennilegt að jarðhitavökvinn við holu KG-10 sé orðinn nýtanlegur aftur. Þó ekki hafi verið ráðlegt að endurvinnna holu KG-10 voru hugmyndir um að bora aðra holu á sama borplani sambærilega holum KG-4 og KG-10. Áður en að slíkum framkvæmdum kæmi, var ákveðið að kanna hvort holunni hallaði og ef svo væri þá hvert. Notaður var halla- og stefnumælir Orkustofnunar, sem er með seguláttavita og því ekki hægt að mæla stefnu inni í járnfóðringum. Hámark mælisviðsins var 10° og var hallinn kominn í það gildi á 600 m dýpi. Á 800 m dýpi var hallinn kominn yfir 10°, þ.e. út fyrir mælisvið hallamælisins. Á 805-855 m dýpi er ófóðraður kafli og þar var hægt að nota áttavitann og mældist hallstefnan beint í norður (Guðjón Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1988). Á mynd 6 er reynt að áætla hallann miðað við gefnar forsendur. Þær eru þekktur halli á 400 og 600 m, lágmarksgildi á 800 m og gert ráð fyrir hallauppgjandi streng.

Þessar niðurstöður kollvarpa að svo stöddu hugmyndum um nýtingu borplans holu KG-10, þar sem botn holunnar er að öllum líkindum vel norðan við Sjálfskaparvitis (KG-4). Það þýðir að ekki er vissa fyrir því að hitta í gjöfulustu æðarnar, sem hola KG-10 skar, nema að vera nokkurn veginn á móts við botn holunnar og bora beina holu niður.

HOLA KJ-11. Boruð með Jötni síðla árs 1976 í 2217 m dýpi. Að svo stöddu hníga fá rök að því að endurvinnna holuna. Eins og áður hefur verið getið, var holan halla- og stefnumæld sumarið 1983. Mynd 7 sýnir mælda hlutann niður í 1200 m dýpi og áætlaðan halla þar fyrir neðan. Holubotninn er áætlaður um 300 m suðaustan við holutoppinn. Ef haft er í huga að eðlileg fjarlægð milli vinnsluhola á Kröflusvæðinu er 250-300 m svo þær steli ekki hver frá annarri, þá kemur vel til greina að bora beina holu á borplani KJ-11.

Í ágúst 1988 var boruð með Gufubor 1400 m djúp hola, sem var ætlað að endurtaka efri hluta KJ-11. Holan hlaut nafnið KG-24 og tókst vel til með hana miðað við gefnar forsendur. Þar var notað gamalt borplan og lagnir sem eru tengdar við gufuveituna.

HOLA KG-12. Boruð með Gufubor haustið 1978 í 2222 m dýpi og er hún dýpsta holan í Kröflu. Frá því að holunni var hleypt í blástur hefur hún verið afllítill. Vel kæmi til greina að endurvinnna hana á svipaðan hátt og hola KJ-13 var endurunnin sumarið 1983. Þar er um að ræða nýtingu á borplani, holutoppi og vinnslufóðringu ásamt gufulögn.

Mikilvægar upplýsingar um halla, jarðlög og vatnsæðar eru til frá því hola KG-12 var boruð, en hvert holunni hallar er ekki vitað um. Í töflu 2 eru allar hallamælingar úr holunni og reiknað út hámarksfrávik frá lóðréttu. Á mynd 8 eru sýndar hallabreytingar með dýpi.

TAFLA 2. Hallamælingar úr holu KG-12

Dýpi m	ΔDýpi m	Halli í °	Frávik frá lóðr. m	Heildarfrávik m
145	145	1.0	2.5	2.5
310	165	2.1	6.0	8.6
350	40	2.2	1.5	10.1
417	67	2.0	2.3	12.4
465	48	2.3	1.9	14.4
562	97	2.3	3.9	18.3
620	58	3.0	3.0	21.3
710	90	3.1	4.9	26.2
775	65	3.2	3.6	29.8
865	90	3.1	4.9	34.7
920	55	2.8	2.7	37.3
1020	100	4.0	7.0	44.3
1090	70	3.8	4.6	49.0
1160	70	4.0	4.9	53.8
1260	100	3.9	6.8	60.3
1360	100	4.1	7.1	67.8
1460	100	5.9	10.2	78.1
1520	60	5.5	5.7	83.8
1620	100	5.5	9.6	93.4
1720	100	6.1	10.6	104
1830	110	6.1	11.7	115.7
1930	100	6.9	12.0	127.7
2030	100	5.4	9.4	137.1
2222	192	5.5	18.4	155.5

Ekki var gengið frá lokaskýrslu um holu KG-12, en flest öll gögn þar að lútandi eru til s.s. bor-  
dagbækur, jarðlagamælingar, jarðлага- og ummyndunarsnið. Ástæða er til að vinna úr þess-  
um gögnum sem fyrst, og hjálpar það vafalaust til við undirbúning fyrir endurvinnslu holunnar.

Líklegast verður stefnan tekin á Hveragilið við endurvinnslu holunnar enda búist þar við best-  
um árangri.

HOLA KJ-13. Boruð með Jötni sumarið 1980 í 2050 m dýpi. Holan var afkastalítill strax eftir  
upphleypingu og var því endurunnin sumarið 1983 á þann hátt að skáboran út úr vinnslufóðr-  
ingunni á um 880 m dýpi til austurs. Markmiðið var að skera Hveragilssprunguna, sem er ein  
aðaluppstremisrásin á Kröflusvæðinu. Mynd 9 sýnir afstöðu gömlu holu 13, endurunu hol-  
unnar og svo Hveragilssprungunnar.

Ef til vill má nota borplanið síðar meir til áframhaldandi skáborana.

HOLA KJ-14. Boruð með Jötni sumarið 1980 í 2107 m dýpi. Hún er ein aflmesta hola virkj-  
unarinnar og ekkert sem bendir til þess að svo stöddu að borað verði á því borplani á næstu  
árum.

HOLA KJ-15. Boruð með Jötni síðla árs 1980 í 2150 m dýpi. Holan hefur alla tíð verið afllítill  
og gasrík. Vegna mikils gasstyrks hefur holan lítið verið notuð til orkuframleiðslu. Hún er vel  
fallin til endurvinnslu á svipaðan hátt og hola KJ-13. Holan var hallamæld niður í 1000 m dýpi  
meðan á borun stóð og eru mælingarnar sýndar í töflu 3, en þar er jafnframt reiknað út há-

marksfrávik holunnar frá lóðréttu.

TAFLA 3. Hallamælingar í KJ-15

Dýpi m	ΔDýpi m	Halli í °	Frávik frá lóðr. m	Heildarfrávik m
100	100	0.2	0.3	0.3
400	300	1.0	5.2	5.6
600	200	1.8	6.3	11.9
800	200	1.7	5.9	17.8
1000	200	2.0	7.0	24.8

Mynd 10 sýnir halla holunnar og afstöðu hennar til Hveragils.

Engin skýrsla var rituð eftir borun holunnar en gögn frá borun hennar eru öll fyrir hendi og er úrvinnsla þeirra langt á veg kominn. Það er tiltölulega lítið verk að fullvinna þau.

HOLA KJ-16. Boruð með Jötni sumarið 1981 niður á 1981 m dýpi. Erfiðlega gekk að halda holunni inn á veitu í rekstri með öðrum Suðurhlíðaholum. Holan hefur því verið lokuð frá 1985 og verið notuð síðan til eftirlits með hita og þrýstingi í Suðurhlíðum. Ekki er æskilegt að eiga nokkuð við holuna eða bora nýja holu í borplanið.

HOLA KJ-17. Boruð með Jötni sumarið 1981 í 2190 m dýpi. Holan var pökkuð á sínum tíma og er eina háhitaholan hér á landi sem pakkari hefur verið notaður í til örvunar. Pakkarinn var staðsettur á rúmlega 1400 m dýpi og dælt undir hann. Árangur aðgerðarinnar reyndist enginn, holan var nánast þétt neðan við 1400 m dýpi. Í rekstri hefur holan verið nokkuð sveiflukennnd, þ.e.a.s. að toppþrýstingur hefur verið breytilegur og hafa sveiflurnar verið nokkuð reglulegar. Afköst holunnar hafa verið í meðallagi fyrir Kröfluholur. Hugsanlega má reyna að örva holuna með því að skábora út úr henni í vinnsluhlutanum fyrir neðan neðstu æð og bora niður á um 2000 m dýpi.

HOLA KJ-18. Boruð með Jötni seinni hluta árs 1981 niður á 2215 m dýpi. Hún var nánast alveg þétt í borun og ekki var talin ástæða til að setja í holuna raufaðan leiðara. Hún er austan við Suðurhlíðasvæðið og talsvert kaldari en Suðurhlíðaholur. Útilokað er að nýta holuna til gufufframleiðslu. Holan hefur verið notuð sem mælingahola til að fylgjast með hita- og þrýsti-breytingum austan vinnslusvæðisins í Suðurhlíðum.

HOLA KJ-19. Boruð með Jötni vorið 1982 niður á 2150 m dýpi. Hún er ein afkastamesta hola virkjunarinnar og ekki sýnilegt að í náinni framtíð verði breyting þar á. Að öllu óbreyttu er óskynsamlegt að krukka nokkuð í holuna.

Hins vegar kemur vel til greina að skábora af borplaninu í vesturhlíðar Kröflu og hefur til að mynda verið undirbúin ein slík borun með höggborsholu og steypum kjallara fáeina metra norðan við KJ-19.

HOLA KJ-20. Boruð með Jötni sumarið 1982 í 1823 m dýpi. Hún er fyrsta vísvitandi stefnu-boraða holan hér á landi. Afköst hennar eru yfir meðallag Kröfluhola og ekki gert ráð fyrir að neitt verði átt við holuna nema eitthvað óvænt komi upp á.

Vel kemur til greina síðar meir að bora beina holu niður á sama borplani við hlið holu KJ-20.

HOLA KJ-21. Boruð með Jötni haustið 1982 í 1200 m dýpi. Gert var ráð fyrir að bora hana í tveimur áföngum. Vegna mikilla afkast var ekki reynt að dýpka holuna frekar heldur var lokið

við að ganga frá henni á endanlegan hátt vorið 1984. Ekki verður neitt átt við holuna, nema eitthvað óvænt komi upp á.

HOLA KJ-22. Boruð með Jöttni snemma sumars 1983 í 1877 m dýpi. Hún er önnur holan hér á landi sem er stefnuboruð. Holan er tengd tveim vatnskerfum þ.e. efra kerfi sem er 240 -260 °C heitt og nær niður í 900 m dýpi, og svo neðra kerfi sem er 180 °C heitt. Holan hefur verið erfið í rekstri og því lítið verið nýtt. Áform voru um að steypa í neðri hluta holunnar til þess að auka rekstraröryggi hennar, en öllu þar að lútandi hefur verið frestað þar til betri vitneskja liggur fyrir um vinnslugetu Hvíthólasvæðisins.

HOLA KJ-23. Boruð með Jöttni síðla sumars 1983 niður á 1968 m dýpi. Vegna lélegrar leiðni var ekki ástæða til að setja leiðara í holuna og hefur henni enn sem komið er ekki verið hleypt upp. Ekki er að svo stöddu nein ástæða til að reyna þar endurvinnslu holunnar t.d. með skáborun, þar sem ekki er talið æskilegt að auka vinnslu úr Hvíthólasvæðinu.

HOLA KJ-3A. Boruð með Jöttni haustið 1983 í 985 m dýpi. Holunni var ætlað að vinna úr efri hluta Leirbotna. Í sparnaðarskyni var holan látin vera leiðaralaus. Miklar þrýstisveiflur komu strax fram í rekstri holunnar og hafa þær líklega leitt til þess að holan hrundi saman. Sumarið 1984 reyndi Narfi að hreinsa hrundið og koma fyrir leiðara. Aðgerðin heppnaðist ekki eins og upphaflega var gert ráð fyrir. Leiðarinn var settur niður og látinn standa á hruntappanum og ná upp í vinnslufóðringu. Hann seig síðar niður í holuna og er efri hluti hans nú á 423 m dýpi, en neðri hluti vinnslufóðringar er á 329 m dýpi. Þannig er tæplega 100 m kafli neðan vinnslufóðringar ófóðraður, en þar neðan við er leiðarinn grafinn í hruni.

Á mynd 11 er sýnd afstaða fóðringa og þess kafla sem er ófóðraður.

Möguleiki er á að skáboru út úr holunni og bora niður í neðri hluta svæðisins, sem þýðir að koma þarf fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu niður á 1000-1100 m dýpi.

HOLA KJ-24. Boruð með Gufubor í ágúst mánuði 1988 niður á 1400 m dýpi. Henni var ætlað að vinna vökva úr efri hluta Leirbotna sem hún og gerir. Holan var boruð á borplani holu KJ-11 og nýtir þar af leiðandi þau mannvirki sem voru þar fyrir, þar með talið gufuveituna.

Auk þess sem hér hefur verið talið upp eru fyrirliggjandi þrjár höggborsholur ásamt borplani og kjallara. Þær eru misjafnlega í sveit settar:

Vestan við Rauðhól. Holan er mjög nálægt virka sprungusveimnum, sem bendir til þess að djúpt geti verið niður í neðra kerfið. Það vill segja að fóðra þurfi dýpra en áður hefur verið gert og getur. Rétt er að bíða enn um sinn með að bora holu á þessu svæði.

Austan við skiljustöð. Holan er á sléttunni milli KG-12 og skiljustöðvar, um 280 m norðaustan við holu KJ-6. Erfitt er að skera ákveðið úr um hvort holan sé líkleg til að hitta á góðar æðar. Beggja megin við hana eru afkastalítlar holur, en í rúmlega 100 m fjarlægð er svokölluð Leirbotnasprungu. Fyrirliggjandi rannsóknir gefa til kynna að sprungunni halli í áttina að höggborsholunni, og mætti stýra borun holu af þessu plani þannig að farið yrði í gegnum sprunguna.

Á borplani KJ-19. Þar var höggborað og steypdur kjallari. Undirbúningi er lokið fyrir skáborun inn í vesturhlíðar Kröflu. Gert er ráð fyrir að staðið verði eins að borun og gert var við holu KJ-20. Rétt er að bíða eftir niðurstöðum borana úr Vítismóum áður en leitað verður inn í vesturhlíðar Kröflu.

#### 4. ENDURVINNSLUÆÐFERÐIR

Í kaflanum hér á undan hefur verið rakið hvaða möguleikar eru fyrir hendi til að nýta til hins ýtrasta þau mannvirki sem reist hafa verið á undanförunum árum vegna gufuöflunar í Kröflu. Öll borplön eru í sjálfu sér nýtanleg til áframhaldandi borunar ef viðkomandi bor rúmast þar. Það er engan veginn sjálfgefið, að nýta gamalt vannýtt mannvirki eingöngu vegna þess, að það sé til. Við áframhaldandi uppbyggingu Kröfluvirkjunar ber að leggja til grundvallar þá þekkingu sem liggur fyrir og viðbótarþekkingu sem aflað verður frekar en að einblína á fyrirliggjandi mannvirki. Þegar saman fellur vænlegur staður til borunar og eldri borplön eða holur, sem skynsamlegt þykir að endurnýta, þá er eðlilegt að bera saman hvort er hagkvæmara að endurvinna eða bora nýja holu. Vitað er um árangur allra eldri hola í Kröflu, sem hafa úrelst eða skemmst, og þá um leið hvort ástæða sé til endurvinnslu eða borunar holu á sama stað.

Flokka má vænlegustu möguleikana til gufuöflunar í Kröflu út frá núverandi vitneskju. Það má í eðli sínu búa til margs konar flokkun og verkefnaröðun. Hér á eftir eru mögulegir kostir taldir upp miðað við núverandi tækjabúnað Jarðboranna h/f, en þeir eru einu aðilarnir eins og er sem ráða við svo umfangsmikil verkefni sem 2000 m háhitaborholur:

- Bein hola hjá KG-10
- Bein hola hjá KJ-11
- Bein hola hjá KG-8
- Bein hola hjá KJ-7
- Bora hola hjá KJ-20

Aðrir kostir gera ráð fyrir ská- og stefnuborunartækjum og auka kostnað sem því nemur. Þar á móti kemur notkun á vannýttum mannvirkjum og meiri líkur á afkastagóðum holum. Fyrst ber að nefna tillögur um þær holur sem nýta borplan, holutopp og fóðringar:

- Skáborun út úr holu KG-12 með stefnu á Hveragilið.
- Skáborun út úr holu KG-15 með stefnu á Hveragilið.
- Skáborun út úr holu KJ-3A með stefnu á Leirbotnasprunguna.
- Skáborun út úr holu KJ-6 með stefnu á Leirbotnasprunguna.
- Skáborun út úr holu KJ-17 með VNV-stefnu út í Grænagil.

Víðast hvar má nota borplön til skáborunar. Spurningin er eingöngu sú hvort þau liggja vel við álitlegum möguleikum til árangurs. Nú eru fyrir hendi nokkuð góðar upplýsingar um meginuppstreymissvæðin í Kröflu og hvar og í hvað er eftirsóknarvert að bora. Til dæmis Hveragil, Leirbotnasprungan, granófýrinnskot á 1800-2100 m dýpi undir Vítismóum og Hvíthólar. Ef til vill eiga eftir að koma fram fleiri álitlegir kostir með áframhaldandi rannsóknum og borunum.

## 5. MASSATAKA ÚR VINNSLUSVÆÐUNUM

Hér á undan hefur verið rakið hvernig endurnýta má eldri mannvirki. Áður en farið er út í slíkar framkvæmdir þarf hins vegar að skoða hvort viðkomandi vinnslusvæði leyfi frekari massatöku.

Hvíthólasvæðið er minnst vinnslusvæðanna í Kröflu. Heildar massatakan úr svæðinu er um 40 kg/s og þar af fást 14-20 kg/s af háþrýstigufu. Ekki liggja fyrir neinar nákvæmar vinnsluspár um svæðið, en flest bendir til þess að það sé nú þegar fullnýtt og því ekki ástæða til að hugleiða þar frekari boranir í bráð.

Suðurhlíðar Kröflu eru taldar geta staðið undir 15-20 MW vinnslu. Massatakan þar er um 53 kg/s og þar af um 30 kg/s af háþrýstigufu. Því lætur nærri að svæðið sé fullnýtt. Ef til vill má bæta þar lítlega við massatöku með viðgerð á holu KJ-17, en tæplega verður farið út í nýboranir eða endurvinnslu borhola í Suðurhlíðum nema einhver núverandi vinnsluhola heltist úr lestinni. Þó getur verið mikilvægt að eiga þar eina varaholu til að hvíla hinar sem eru annars í stöðugri notkun yfir rekstrartímabilið.

Leirbotnasvæðið er vannýtt og eru því allar hugmyndir um endurvinnslu þar í góðu lagi, bæði hvað varðar háþrýstigufu neðan við 1000 m dýpi svo og lágþrýstigufu á 400-1000 m dýpi. Upphaflega var gert ráð fyrir að Leirbotnasvæðið (þar með talið Vítismóar) eitt og sér stæði undir 60 MW virkjun. Það gæti þýtt um 200 - 300 kg/s í heildarstreymi, sem gæfi 110-130 kg/s í háþrýstigufu. Svæðið reyndist vera flóknara en upphaflega var ráð gert fyrir, sem felst í skiptingu þess í efri og neðri hluta eftir eðliseiginleikum (hita og þrýstingi). Nú eru tekin úr neðri hlutanum rúmlega 47 kg/s, sem gefa af sér tæplega 21 kg/s af háþrýstigufu. Úr efri hlutanum er heildarmassataka um 56 kg/s. Ef þessar tölur eru eingöngu hafðar til hliðsjónar þá er ljóst að auka má við massatöku án þess að ganga of nærri svæðinu. Þetta er einnig í samræmi við líkanreikninga sem gerðir voru á árunum 1981-82 (G.S. Bødvarsson o.fl. 1984).

## 6. LOKAORÐ

Af framansögðu er ljóst að ýmsir möguleikar eru á því að endurnýta í Kröflu eldri borholur og mannvirki þeim tengdum. Að svo stöddu er rétt að líta fyrst og fremst til Leirbotnasvæðisins (þ.m.t. Vítismóa). Í fyrstu ætti að leggja megináherslu á boranir í Vítismóum, en fyrr eða síðar mun koma að því að borað verður inn á núverandi vinnsluhluta Leirbotnasvæðisins. Rétt er því að gera kostnaðarsamanburð á endurvinnslu hola á Leirbotnasvæðinu og borun nýrra hola í sama svæði.

## HEIMILDIR

Ásgrímur Guðmundsson 1987: *Viðgerð á holu KG-8, 17.- 25. júní 1987*. Orkustofnun, Greinargerð OS-JHD ÁsG-87/07, 8 s.

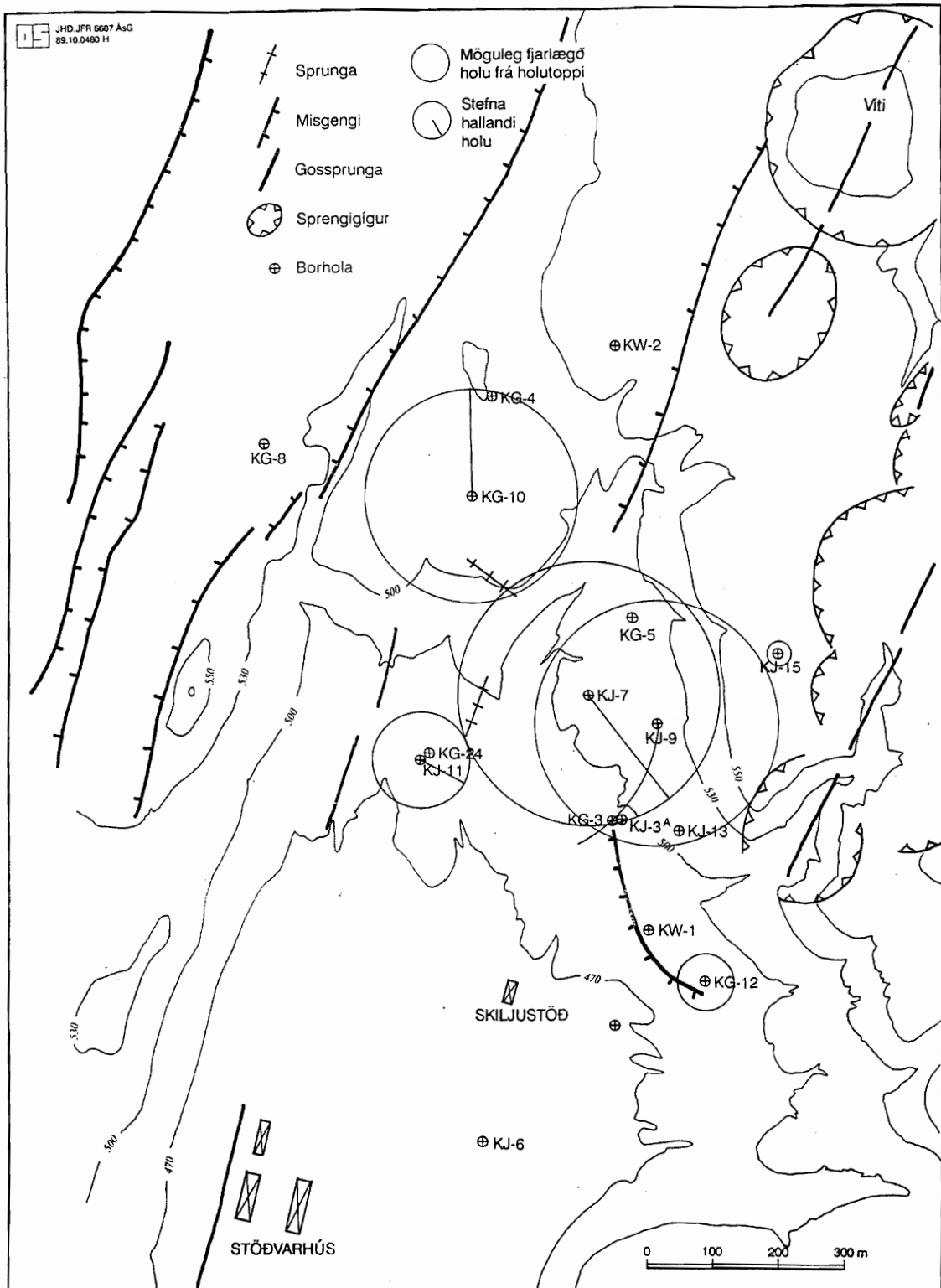
Ásgrímur Guðmundsson 1989: *Gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun*. Orkustofnun, OS-88033/JHD-17 B, 44 s.

Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson, Guðjón Guðmundsson og Halldór Ármannsson 1984: *Gufuöflun í Kröflu 1974-1984*. Orkustofnun, OS-84086/JHD-38 B, 28 s.

G.S. Böðvarsson, Pruess, K., V. Stefánsson og E.T. Eliásson 1984: The Krafla geothermal field in Iceland. 3. The generating capacity of the field. *Water Res. Res.*, 20: 1545-1559.

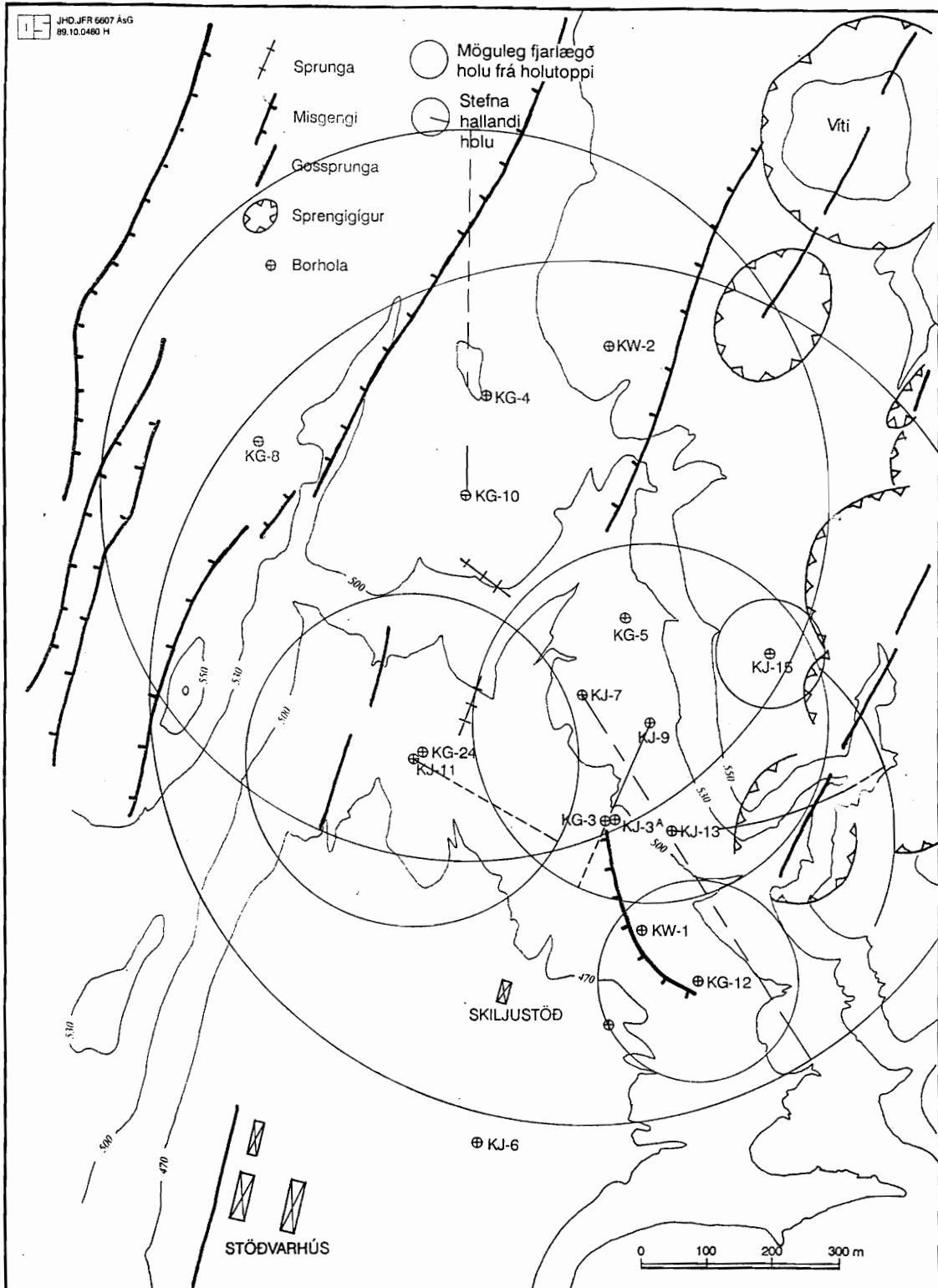
Guðjón Guðmundsson og Ásgrímur Guðmundsson 1984: *Halla- og stefnumælingar í borholunum*. Hrafnæping um stöðu Kröfluvirkjunar haldið 1. og 2. nóvember 1984, 11 s.

Guðjón Guðmundsson og Hilmar Sigvaldason 1988: *Krafla hola KG-10 - Mælingar í ágúst 1988*. Orkustofnun, Greinargerð OS-JHD GjG-HS-88/02, 4 s.

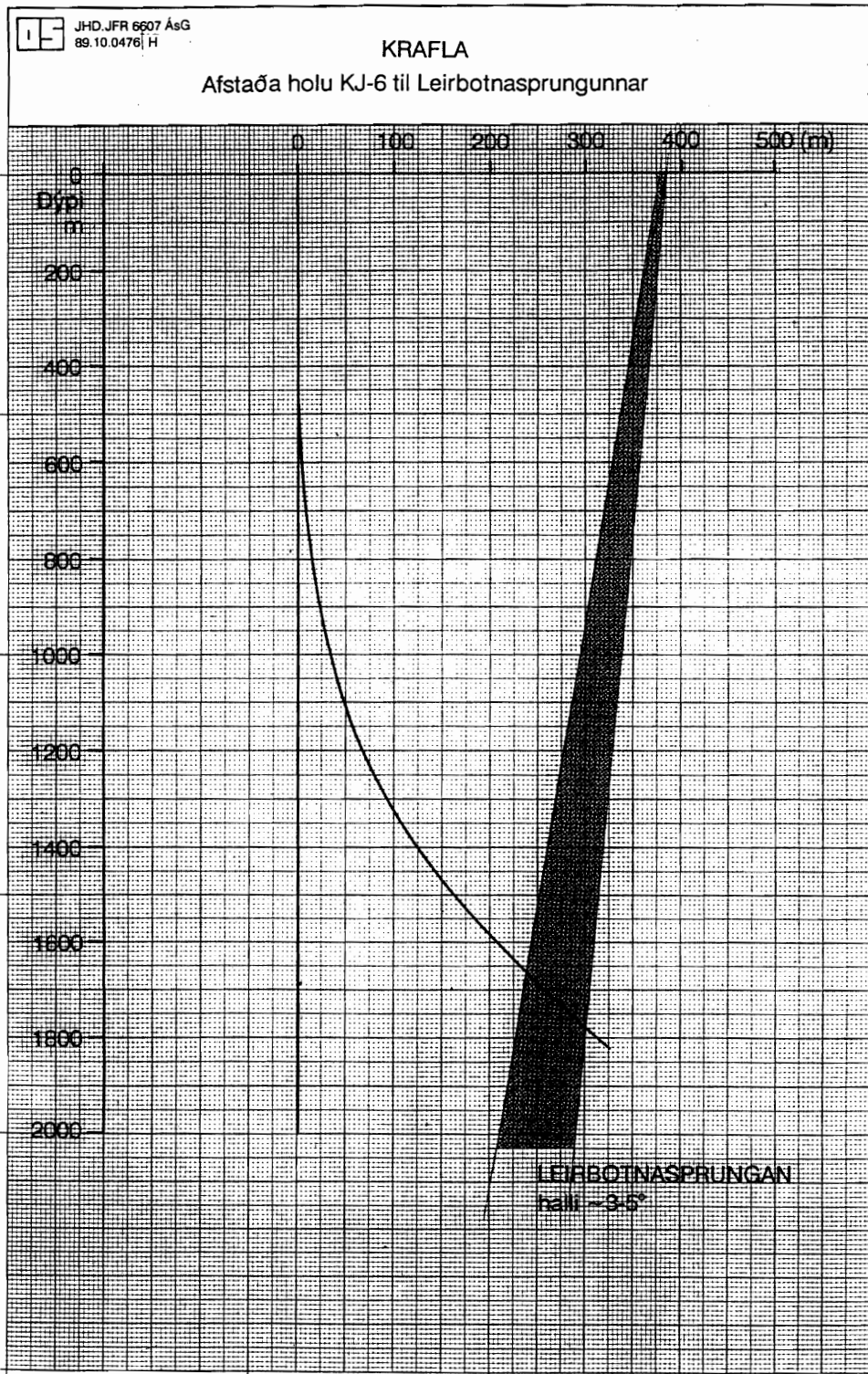


MYND 1. Leirbotnar - frávik holu á 1000 m dýpi miðað við holutopp

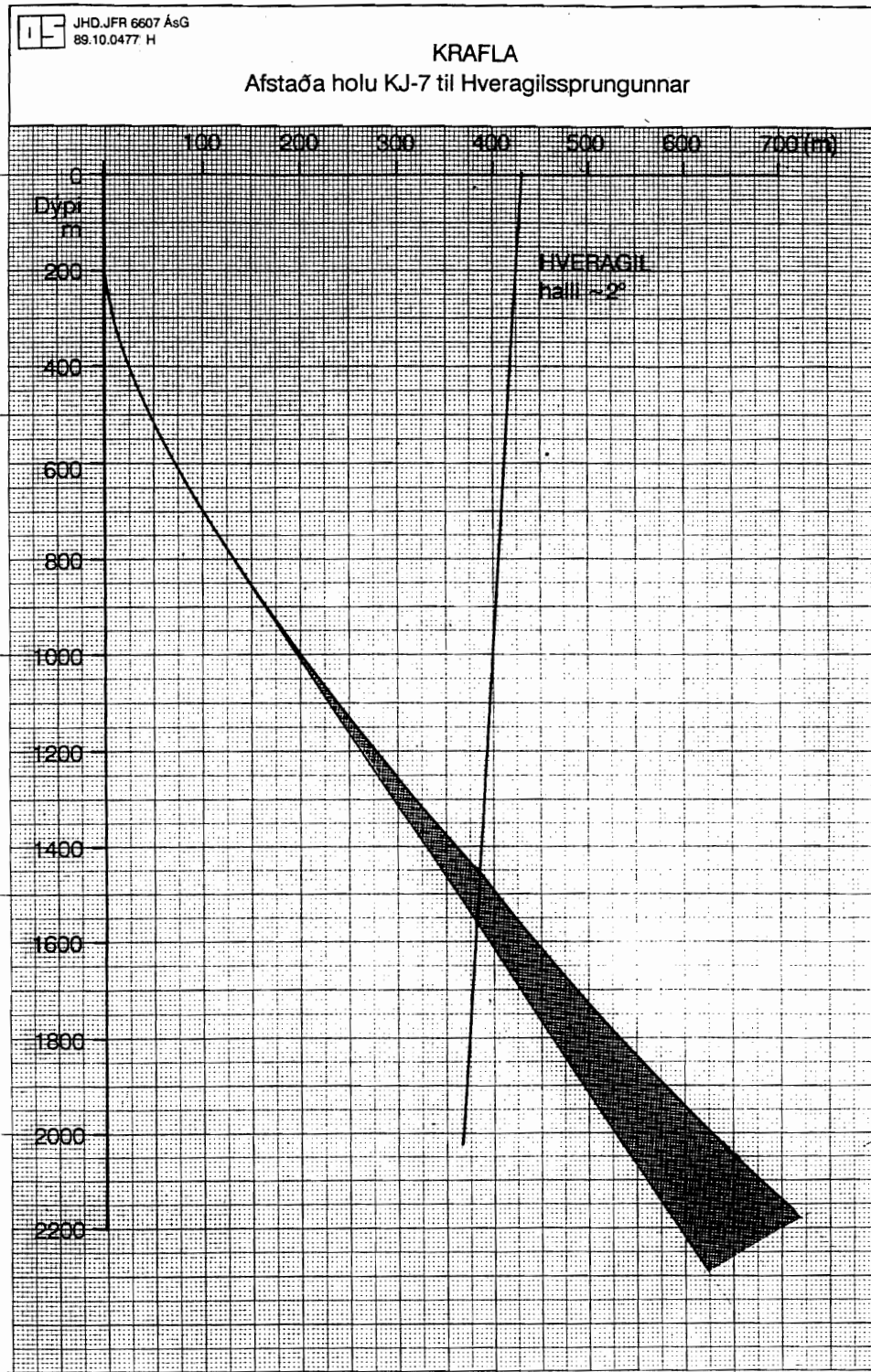




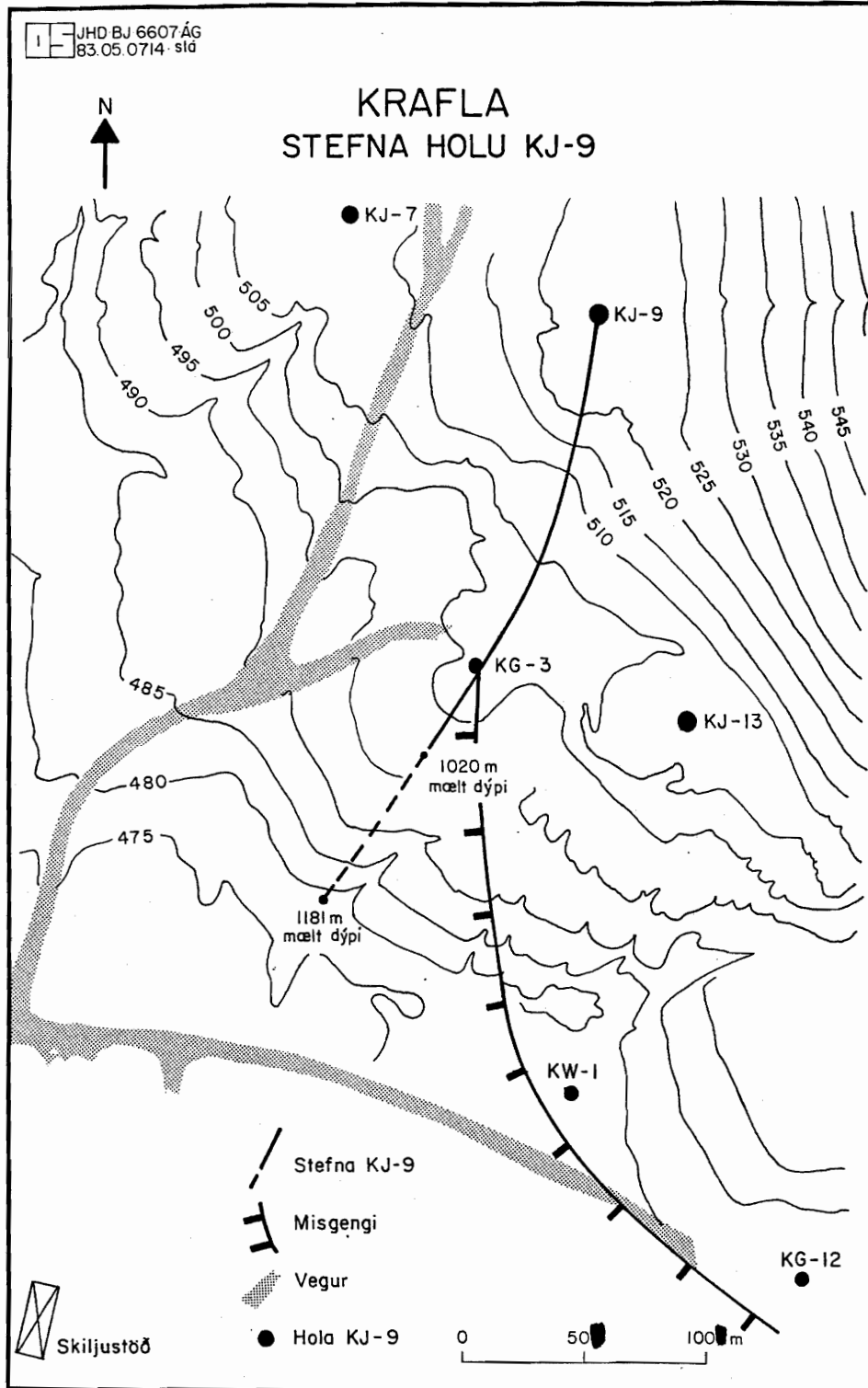
MYND 2. Leirbotnar - frávik holubotns miðað við holutopp



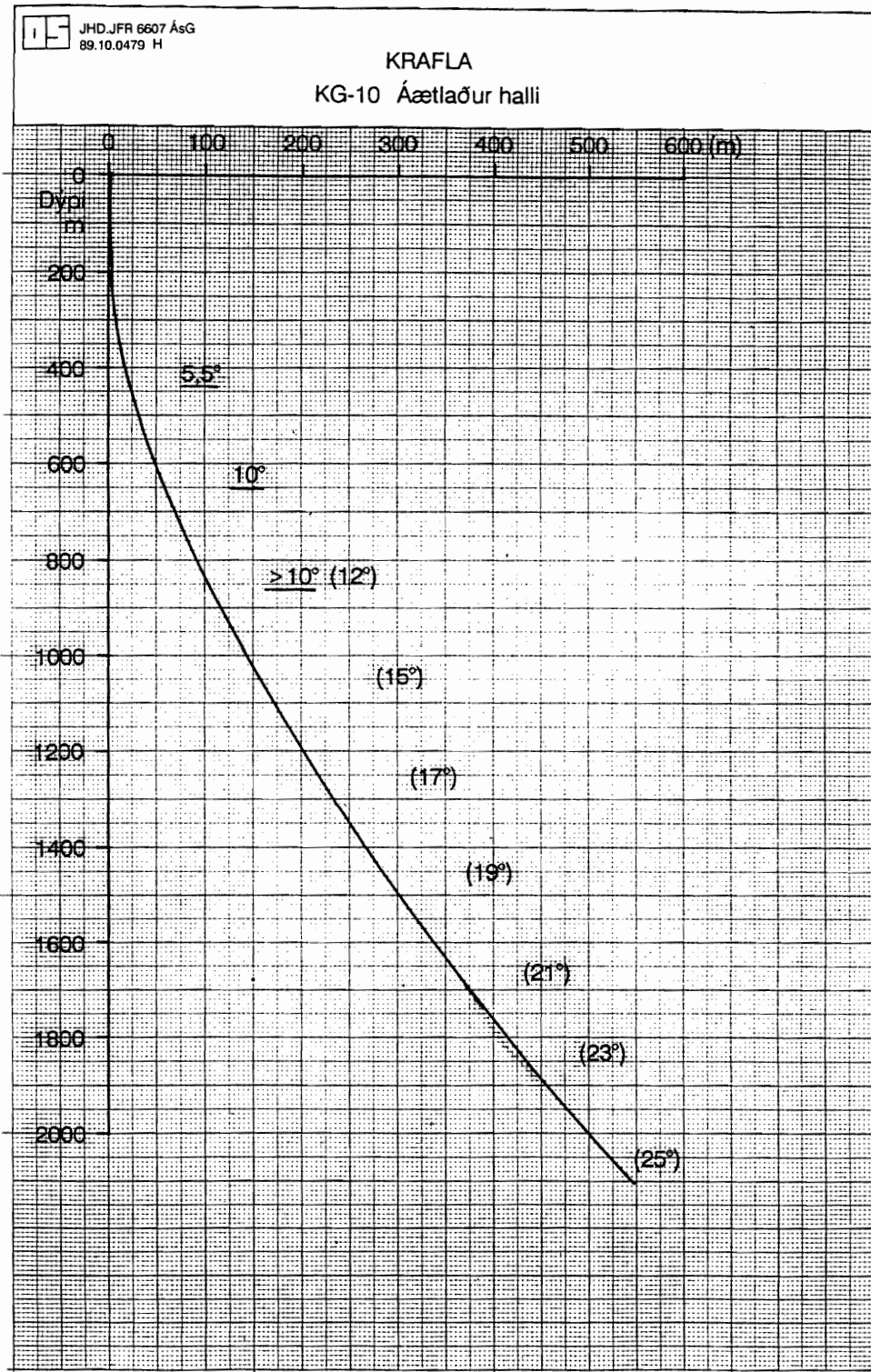
MYND 3. Afstaða holu KJ-6 til Leirbotnasprungunnar



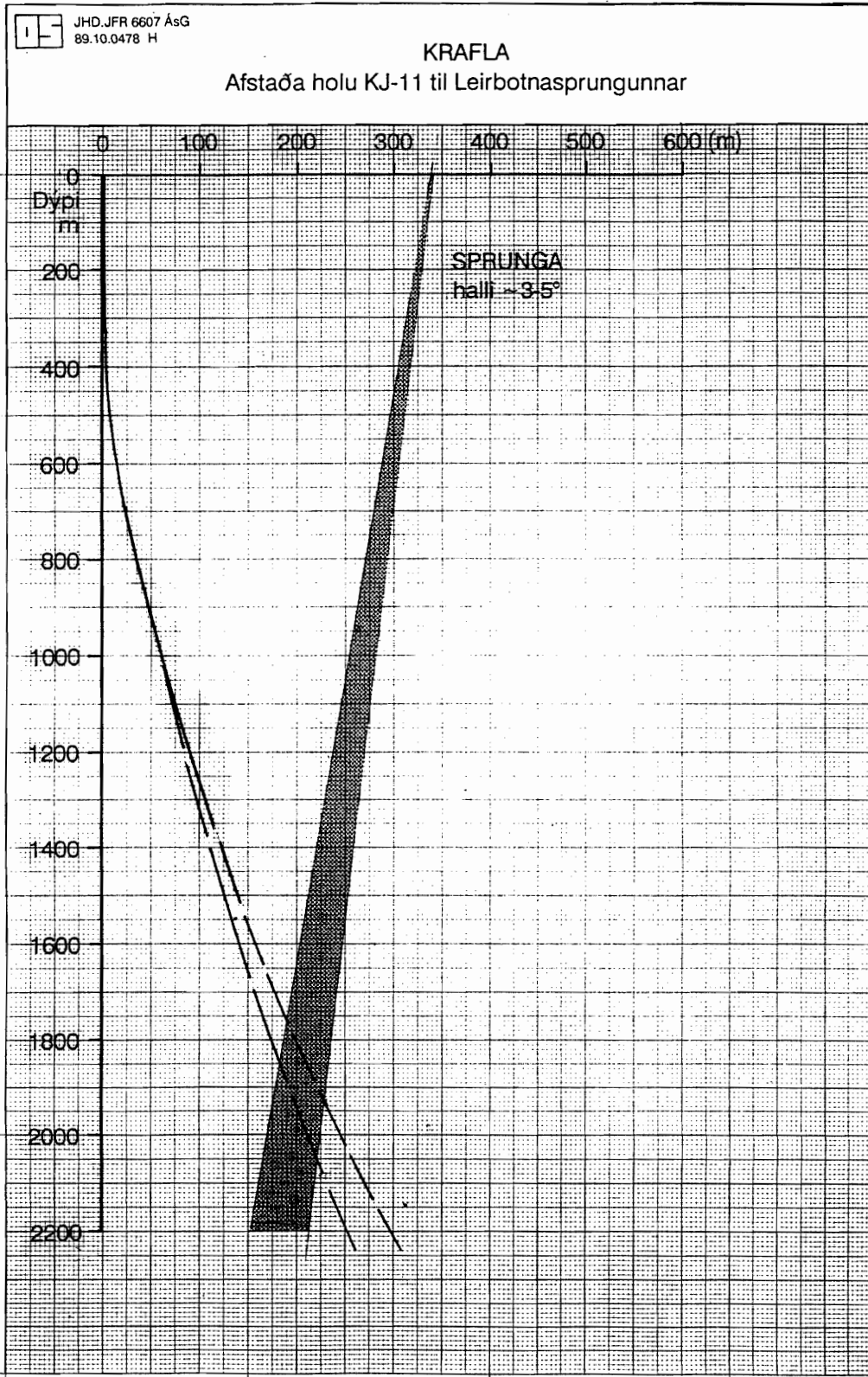
MYND 4. Afstaða holu KJ-7 til Hvergilssprungunnar



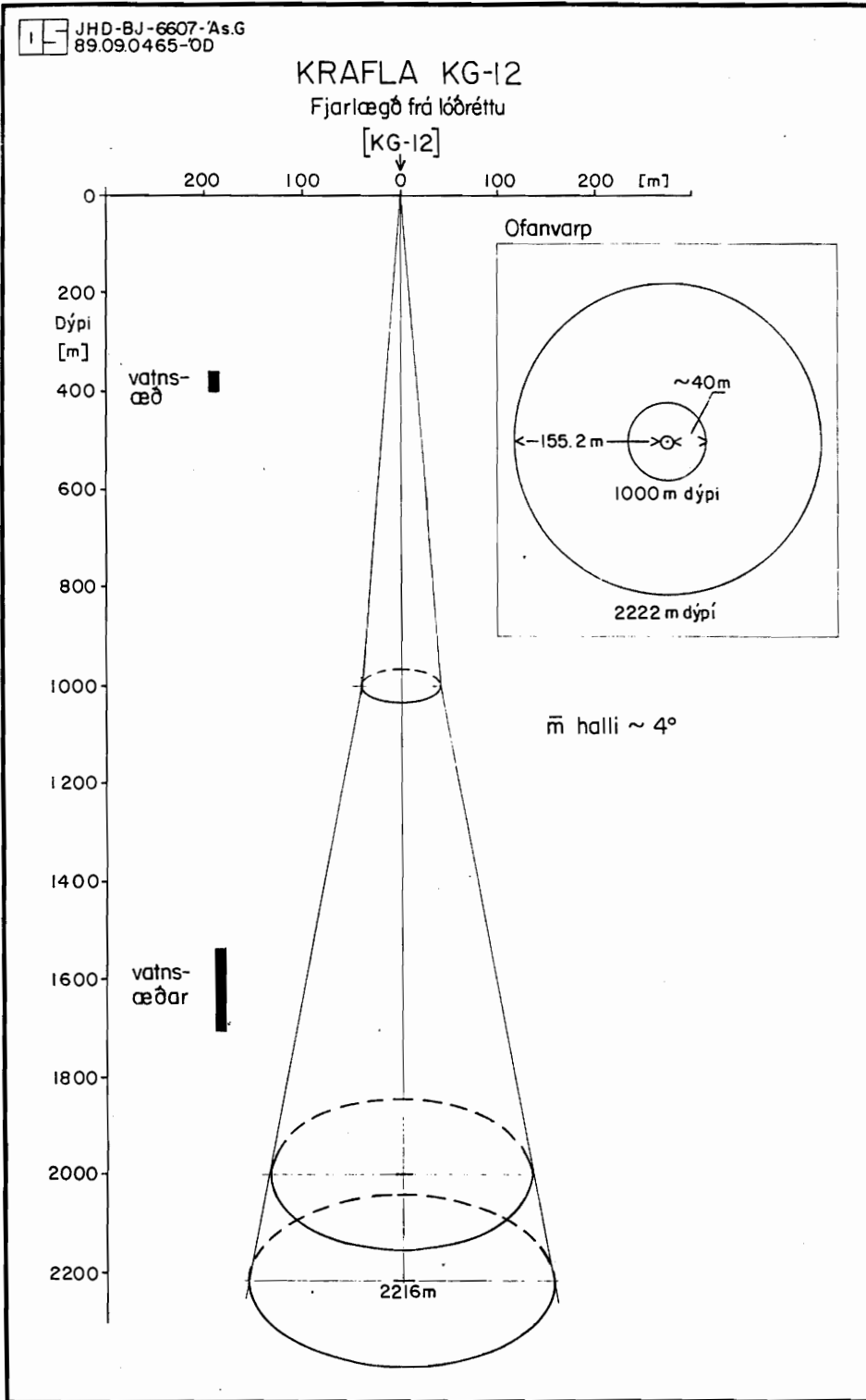
MYND 5. Stefna holu KJ-9



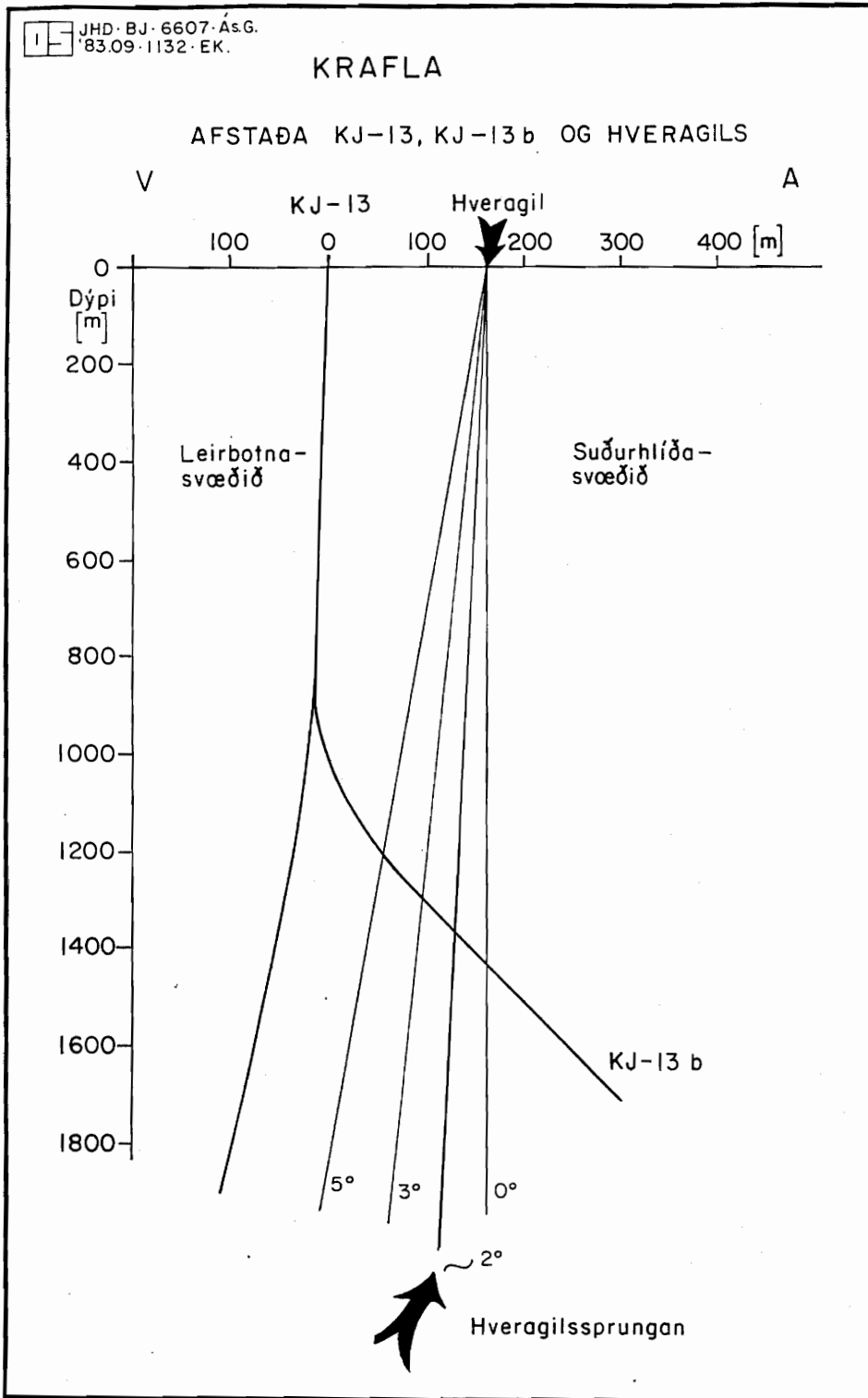
MYND 6. Halli holu KG-10



MYND 7. Afstaða holu KJ-11 til Leirbotnasprungunnar

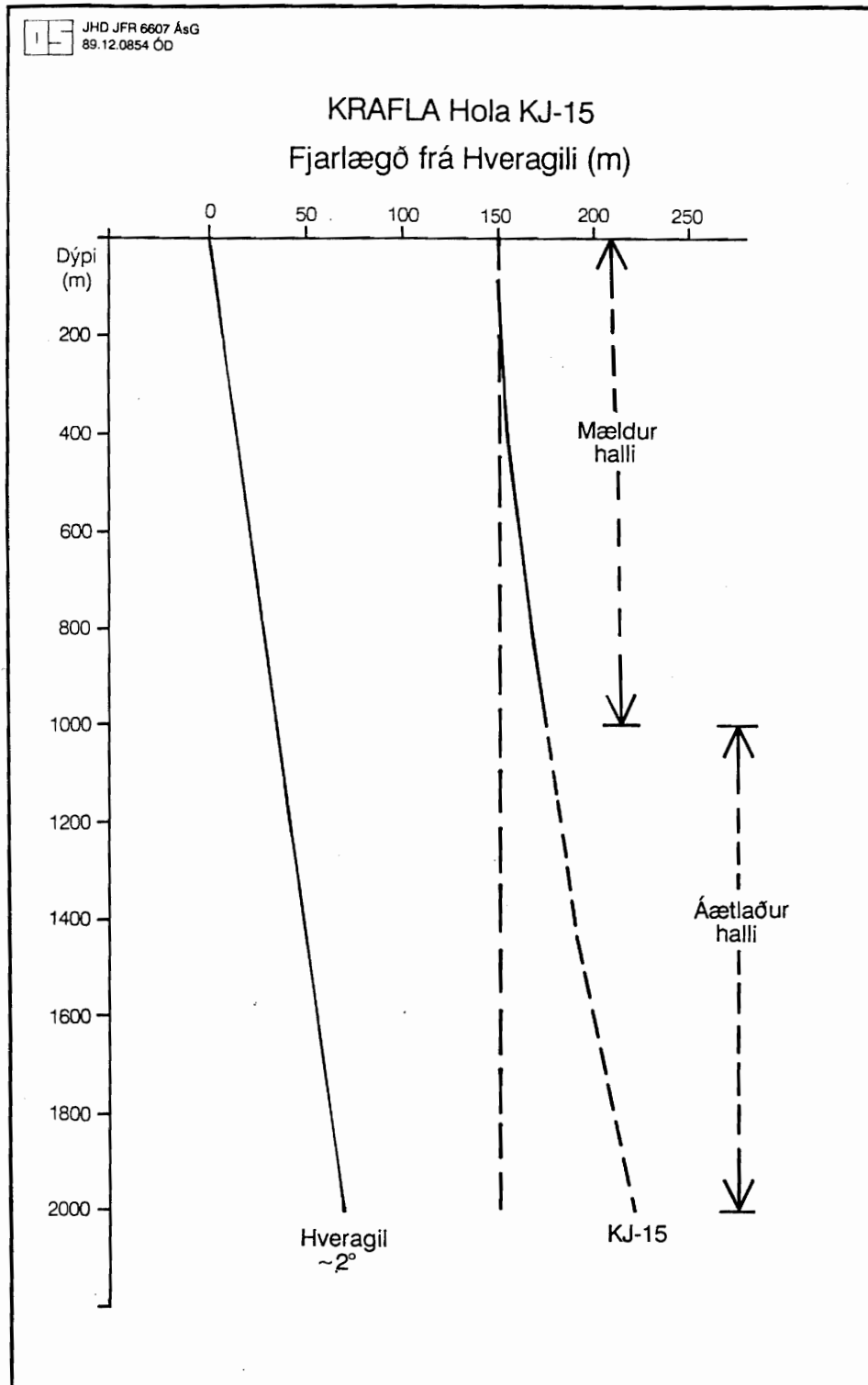


MYND 8. Fjarlægð holu KG-12 frá lóðréttu

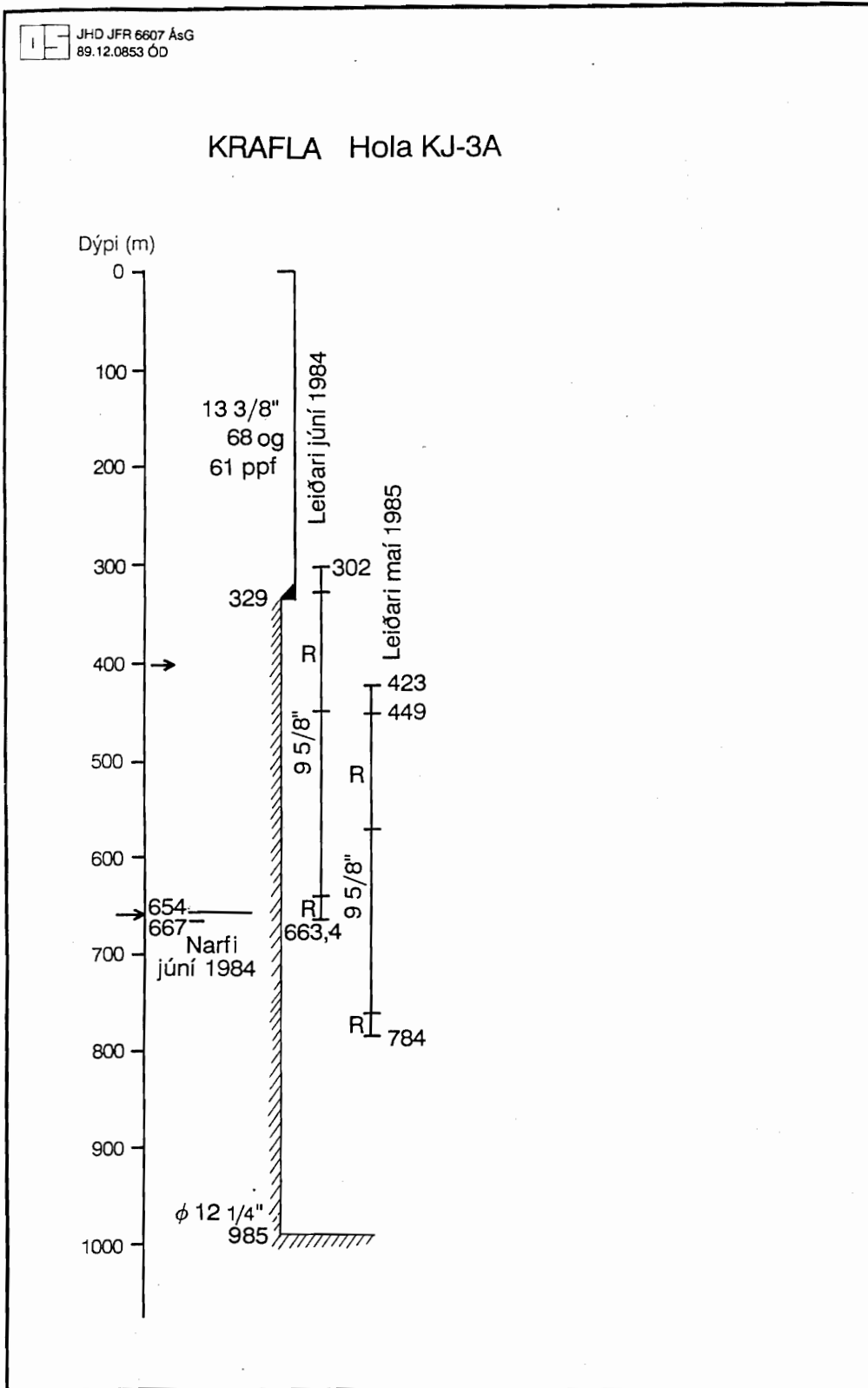


MYND 9. Afstaða hola KJ-13 og KJ-13b til Hveragils





MYND 10. Möguleg fjarlægð KJ-15 frá Hveragili



MYND 11. Fóðringar í holu KJ-3A